

도로시설물 DB구축을 위한 차량측량시스템 S/W 개발

정동훈*, 김병국**, 김정현***

- * 인하대학교 지리정보공학과 박사과정
- ** 인하대학교 지리정보공학과 부교수
- *** 교통개발연구원 교통연구실 책임연구원

1. 서론

1.1 개요

도로 및 도로시설물을 신설하거나 보완하기 위해서는 현장 상황판단이 중요한데, 이를 위해 현재는 지형도, 항공사진 등을 이용하거나 조사자를 현장에 파견하여 현황을 기록하고 사진을 촬영하는 방법을 사용하고 있다. 그러나 지형도나 항공사진을 참고하여 도로시설물 상황을 파악하는 것은 현황을 현실성의 문제가 있고 최신자료 취득을 위하여 조사자를 현장에 파견하여 시설물 위치 및 현황을 기록하고 사진을 촬영하는 것은 그 조사기법이 조사자에 의하여 자의적으로 변형될 수 있다는 문제가 있다. 또 교통상황에 따라 조사자와 통행자의 안전문제, 교통방해 문제 등이 발생할 수 있다. 이런 문제들을 해결하기 위한 대안이 바로 차량측량시스템을 이용하는 것이다.

차량측량시스템이란 차량에 2대 이상의 CCD 카메라와 위치측정장비(GPS, IMU 등)를 장치하고 도로를 운행하면서 일정한 간격으로 주변의 사진을 연속으로 촬영한 후 이를 이용하여 도로 및 도로시설물의 위치와 크기, 보존상태 등의 정보를 취득하는 새로운 측량 시스템이다. 이 시스템은 측량의 정확성과 신속성, 경제성이 뛰어나 여러 선진국에서는 이미 개발하여 상용화하였으며 Laser나 Radar와 같은 능동형 센서를 보조적으로 활용하고 있다. 우리나라에서도 관련연구가 심도 있게 진행되고 있는 상태이다. 이를 이용하여 도로 및 도로시설물의 사진을 촬영하면 다음과 같은 장점이 있다.

- ① 자료취득의 자동화를 기할 수 있으므로 비용을 절감할 수 있으며 신속 정확하게 현장자료를 취득할 수 있다.
- ② 수치사진측량을 통하여 시설물의 위치, 크기, 형태, 시설물간의 거리 등 다양한 정량적인 정보를 추출할 수 있다.
- ③ 사진판독에 의하여 시설물의 필요성, 적합성, 표지인식 가능성 여부 등 정성적인 분석이 가능하다.
- ④ 일정 간격으로 수집된 영상으로 차량 주행속도에 따른 경관모의를 할 수 있으며, 시차를 두고 취득된 영상자료는 시간경과에 따른 도로 및 도로시설물의 노후화 현상을 파악할 수

도로시설물 DB구축을 위한 차량측량시스템 S/W 개발

있다.

- ⑤ 시설물의 신설 또는 보완 전후에 영상자료를 취득하여 실시 전과 후의 경관을 비교하여 시설물 설치 및 보완의 증거 자료로 활용할 수 있다.

차량측량시스템의 H/W는 고가인데다 매우 민감한 센서들이므로 이들의 통합여부가 시스템의 성능과 대상물의 위치결정 정확도를 좌우한다고 할 수 있다. 하지만 이에 못지 않게 S/W의 역할도 중요하다. 이들 센서를 제어하고 사진자료를 처리하여 정보를 추출하는 과정이 차량측량시스템 S/W에 의해 이루어지기 때문이다.

1.2 차량측량시스템 S/W 구성

도로상에서 실시간으로 취득된 사진과 GPS-IMU data를 처리하여 도로시설물정보를 효과적으로 추출하기 위해서는 다음의 그림 1과 같은 차량측량시스템 S/W 체계가 필요하다. 각 항목은 모듈을 나타낸다. 사진취득과 GPS-IMU취득 모듈은 차량에서 실시간으로 실행되는 부분이고 나머지는 모두 후처리 부분이다.

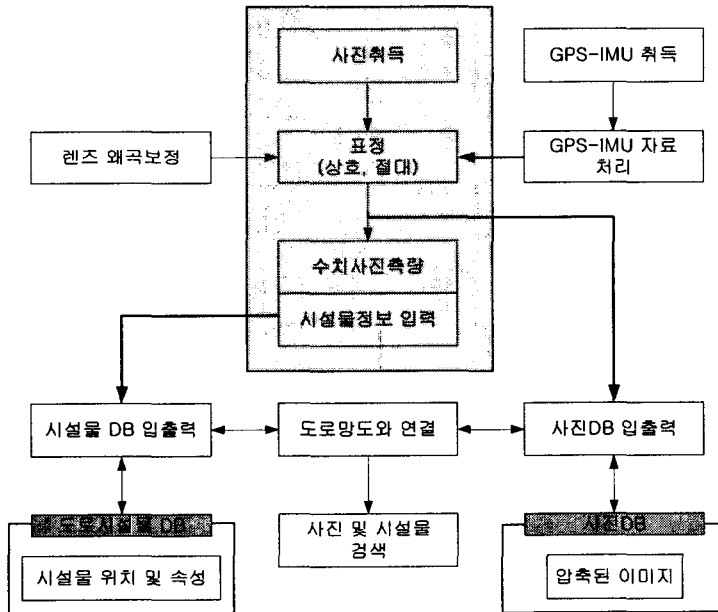


그림 1. 차량측량시스템 S/W 체계

사진 및 GPS-IMU 자료를 취득하고 각 사진에 시간 및 위치정보를 기록하여 사진 DB를 만들 수 있다. 또 한편으로는 수치사진측량을 통해 시설물 정보를 입력하고 이 정보들을 DB에 저장할 수 있다. 일단 DB에 입력된 사진과 시설물정보는 도로망도와 연계되어 다양한 검색이 가능하게 된다.

본 연구에서 개발한 차량측량시스템 S/W는 자료취득과 처리를 위한 다양한 인터페이스와 기능을 가지고 있는데 다루는 자료 유형에 따라 영상처리부분, GPS-IMU 처리부분, DB부분 등 크게 3 부분으로 분류될 수 있다. 본 논문에서 이 중 사진자료의 취득과 처리에 관련된 부분만을 대상으로 기술하고자 한다.

차량측량시스템에 있어 위치결정 정확도가 그 시스템의 성능을 가늠할 수 있는 중요한 척도가 되므로 본 연구에서도 시스템의 위치결정 정확도를 실험하고 이를 향상시키고자 추가적인 연구를 진행하고 있다. 따라서 정확도에 대한 기술은 본 논문에서 제외하고자 한다.

2. 차량측량시스템 S/W

2.1 사진취득 모듈

수치사진측량은 동시에 각각 다른 위치에서 촬영한 중복 영상을 사용하여 피사체의 3차원 위치를 결정하므로 항상 2개의 영상을 동시에 다루어야 한다. 따라서 본 연구에서는 우선 '프로젝트 파일'에서 읽어 들인 영상 저장경로를 통하여 순차적으로 동시에 촬영된 좌우영상을 읽어 들이게 하였다. '프로젝트 파일'이란 단위 작업에 대한 정보를 기록한 파일이다. 촬영시간, 촬영지역, 영상저장경로, 렌즈왜곡보정식, 카메라 정보 등을 포함하고 있다.

그림 2는 영상취득 프로그램의 초기화면을 나타낸 것이다. CCD카메라와 Frame grabber를 제어하여 연속적으로 2개의 중복영상을 취득하기 위해 각종 변수를 설정하는 대화상자이다. 전술한 '프로젝트 파일'은 이 프로그램을 통하여 최초로 작성된다. 카메라정보는 별도의 파일 (*.cam)에 저장되어 있으며 '카메라정보' 버튼을 클릭 함으로써 검색하여 입력할 수 있다.

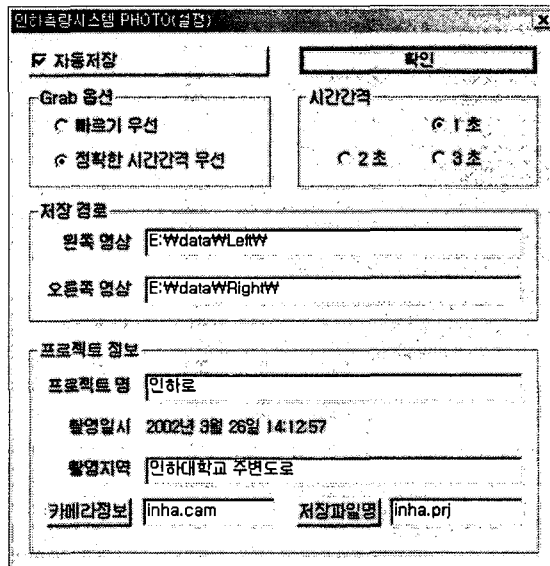


그림 2. 영상취득모듈 초기화면

영상취득모듈의 초기화면에서 설정을 끝내고 '확인' 버튼을 누르면 다음의 그림 3과 같이 본격적인 영상취득 프로세스가 시작된다.

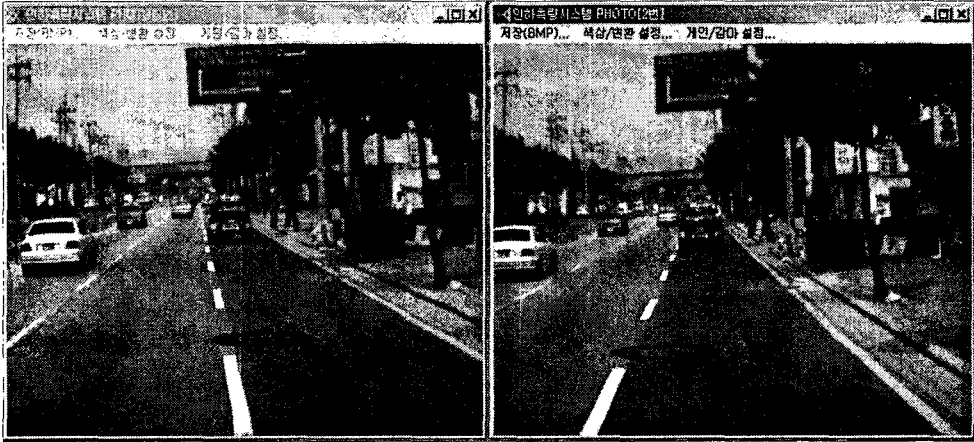


그림 3. 영상취득모듈 실행화면

영상취득모듈의 특징을 요약하면 다음과 같다.

- ① 동시에 2대의 카메라 영상을 취득할 수 있으며 자동 저장 여부를 선택할 수 있음.
- ② 정확한 시간간격(최단간격 : 0.5초)으로 영상을 자동 취득할 수 있고 임의로 취득 간격을 지정할 수 있으며 외부trigger에 의한 grab은 카메라에서 모드 조정.
- ③ CCD 셀의 색상 부여방법과 디코딩 방법을 달리하여 취득할 수 있음.
- ④ 화소값에 대한 각 색상의 강도와 화소값에 따른 각 색상의 밝기를 조정할 수 있음. 즉 게인/감마 설정이 가능.
- ⑤ 영상은 *.bmp로 저장.(1 scene 당 3.952MB)

2.2 상호표정 모듈

상호표정이란 중복 촬영된 2개 이상의 이미지가 있을 경우 각 카메라간의 촬영당시의 위치와 자세를 상대적으로 규명함으로써 사진측량이 가능하도록 하는 사진측량작업의 한 단계이다. 상호표정단계에는 카메라 정보와 더불어 좌표값들이 필요한데 이들을 정리하면 다음과 같다.

- 왼쪽 카메라와 오른쪽 카메라의 초점거리, 렌즈의 3차원 위치, 사진 상의 주점위치
- 왼쪽 사진과 오른쪽 사진에서 취득된 피사체의 사진 상의 좌표
- 피사체의 실세계 3차원 좌표 초기값

이처럼 각기 다른 많은 값들이 입력되어야 하기 때문에 일반적인 상호표정 작업에는 입력과 일을 작성하여 읽고 계산하여 출력하는 일괄처리 프로세스를 사용하고 있다. 그러나 입력파일을 작성하기 위해서는 수차사진측량에 대한 많은 지식과 경험이 필요하고 난해하기 때문에 본 연구에서는 순차적인 data 입력방식을 사용하여 사진좌표 관측 및 입력의 단순화를 추구하였으며, 측정의 입력과 동시에 표정 정확도 확인할 수 있도록 하여 상호표정 작업의 정확도와 효율성을 증대시키고자 하였다. 또, 화면상에서 표시된 결과를 자동으로 text 파일로도 출력할 수 있게 하여 오차의 원인을 전 단계에 걸쳐 파악할 수 있도록 하였다.

The screenshot displays the '차량측량시스템(Orientation)' software interface. On the left, there are several data tables for camera calibration. The top table is '상호좌표(cal)' with columns for No., LP_x, LP_y, RP_x, and RP_y. Below it is '좌표관측의 표준편차(m)' with columns for No., LxSD, LySD, RxSD, and RySD. The next table is '모델좌표(m)' with columns for No., TM_X, TM_Y, and TM_Z. The fourth table is '모델좌표의 표준편차(m)' with columns for No., SD_X, SD_Y, and SD_Z. At the bottom, there is a '표정 정보' section with fields for Flight Omega, Flight Phi, Flight Kappa, and other parameters.

No.	LP_x	LP_y	RP_x	RP_y
41	559	662	301	673
42	546	682	372	695
43	555	36	525	62
44	1071	642	926	665
45	673	183	636	206

No.	LxSD	LySD	RxSD	RySD
41	0.014	0.026	0.032	0.033
42	0.013	0.033	0.031	0.039
43	0.033	0.131	0.047	0.132
44	0.058	0.034	0.050	0.040
45	0.088	0.068	0.079	0.090

No.	TM_X	TM_Y	TM_Z
41	-0.82	14.44	0.42
42	-0.73	17.20	0.00
43	-1.91	53.93	9.47
44	3.35	20.92	-0.06
45	5.16	63.19	8.92

No.	SD_X	SD_Y	SD_Z
41	0.08	0.81	0.08
42	0.06	1.15	0.13
43	0.39	11.00	1.55
44	0.27	1.63	0.16
45	1.17	13.99	1.16

표정 정보

최확차(도-분-초) 표준편차(도)

Flight Omega 87-55-8.3 0.271

Flight Phi 0-23-48.9 0.279

Flight Kappa 0-26-2.8 0.036

반복횟수: 23 일여관측 수: 40

달렬조건: Conv Reference So: 0.004

x: 951 y: 328 ldr: 0 RGB: (0, 14, 3)

[Time (s): 0.020 (131&1028.24) NUM

그림 4. 수차사진측량 S/W : 상호표정 화면

그림 4는 상호표정 실행화면을 나타낸 것이고, 표 1은 출력되는 정보들의 의미를 정리한 것이다.

표 1. 상호표정시 출력되는 값들의 의미

항목	설명
카메라 파일정보	카메라의 파일정보가 기록되어 있는 파일
영상좌표(Cell)	좌측상단을 원점으로 하는 영상좌표계에서 관측된 측정좌표
좌표관측의 표준편차(m)	조정이 끝난 후 산출된 측정좌표 관측정확도 이 수치가 크게 나오면 해당 측점을 영상에서 다시 관측하여야 함.
모델좌표(m)	상호표정에 의해 계산된 측정의 3차원 좌표, 왼쪽 카메라의 위치를 원점으로 하는 3차원 모델좌표이므로 참값과의 비교를 통해 표정정확도를 확인할 수 있음.
모델좌표의 표준편차(m)	조정이 끝난 후 산출된 모델좌표 결정 정확도 카메라에서 멀리떨어져 있는 점일 수록 표준편차가 크게 나옴.
Right Omega	상호표정에 의해 결정된, X축을 중심으로 한 오른쪽 카메라의 회전요소
Right Phi	상호표정에 의해 결정된, Y축을 중심으로 한 오른쪽 카메라의 회전요소
Right Kappa	상호표정에 의해 결정된, Z축을 중심으로 한 오른쪽 카메라의 회전요소
반복횟수	최소제곱법의 반복횟수 즉, 관측방정식의 미지수의 충분 결정, 탈출조건 검정 등의 반복횟수
잉여관측수	기지수와 미지수의 차, 측정의 관측이 많을수록 잉여관측수가 많아지고 정확도도 향상됨.
탈출조건	수렴, 발산, 최대보정치 등 미리 정의된 탈출조건 중 어떤 조건에 해당하는지 표시
Reference S_0	전체적인 미지수 결정 정확도를 나타내는 표준편차

2.3 수치사진측량 모듈 구현

수치사진측량 모듈에서는 렌즈왜곡보정식, 초점거리, GPS와 카메라의 상호위치관계, 좌우 카메라의 상호표정 요소, GPS 위치와 자세 등을 이용하여 영상좌표로부터 실세계 좌표를 계산한다 (그림 5 수치사진측량 프로세스 참조).

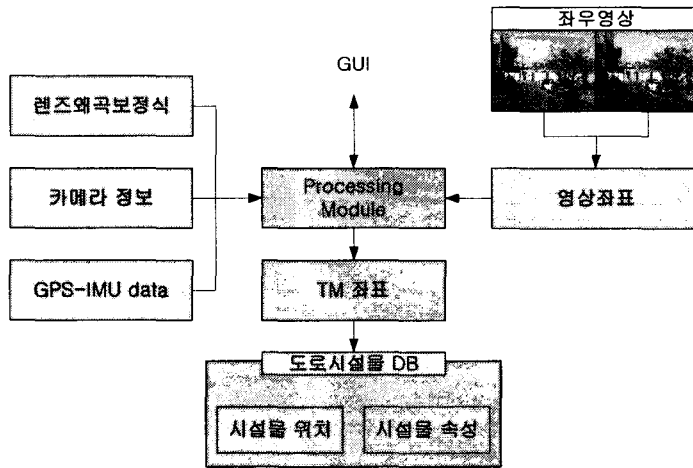


그림 5. 수치사진측량 프로세스

따라서 프로그램의 실행 전에 렌즈왜곡보정식, 초점거리, GPS와 카메라의 상호위치관계, 좌우 카메라의 상호표정 요소, GPS 위치와 자세 등이 기록되어있는 프로젝트 파일을 로드하여야 하는데 이를 위해 본 모듈에 'project tree'를 배치하여 쉽게 검색하여 읽어올 수 있도록 하였다.

2.4 시설물 속성정보 입력 모듈

시설물 속성정보 입력 모듈은 인도, 교량, 터널, 지하도, 육교, 신호등, 표지판 등의 교통시설물 들에 대해 사진을 통해 취득된 3차원 위치와 속성정보를 입력하는 모듈이다. 수치사진측량모듈에서 시설물 속성정보 입력창을 호출할 수 있도록 하였는데 이를 실행하면 화면의 좌하단에 입력창이 나타나게 된다. 좌우 이미지상의 피사체를 번갈아 가며 마우스로 클릭하게 되면 수치사진측량모듈에서 피사체의 3차원 위치를 계산하여 그 결과를 좌측의 리스트박스에 표시한다. 속성정보를 입력하기 위해서는 속성정보입력창에서 해당하는 대상물의 탭을 선택한다. 그러면 현재 대상물이 촬영된 사진의 이름과 그 순차적으로 부여되는 시설물의 ID(입력순서로 부여), X, Y, Z 좌표 등이 자동으로 입력된다. 나머지 속성정보는 작업자가 이미지를 보고 입력하여야 한다. 입력된 속성을 저장하려면 '열기/기록' 버튼을 누른다. 처음 눌렀을 때는 기록할 파일을 선택할 수 있고 두 번째부터는 시설물 속성을 기록할 수 있도록 하였다. 그림 6~12까지는 각 속성별로 입력창을 나타낸 것이며 전체화면에서 시설물 속성정보입력모듈의 실행모습도 가능하다.

도로시설물 DB구축을 위한 차량측량시스템 S/W 개발

인도		교량		터널		지하도		육교		신호등		표지판	
사진	C:\W120944218L.bmp												
ID	1												
X좌표	-1.17												
Y좌표	9.82												
Z좌표	0.05												
Mileage	100												
행정구역	인천시 남구 학익2동												
파일: record.txt ID: 1 <input type="button" value="일기/기록"/>													

그림 6. 속성입력창(인도)

인도		교량		터널		지하도		육교		신호등		표지판	
사진	C:\W120944218L.bmp												
ID	2												
X좌표	2.99												
Y좌표	41.55												
Z좌표	-0.23												
Mileage	100												
행정구역	인천시 남구 학익2동												
차선수	6												
명칭	학익교												
폭	7												
길이	15												
통과제한높이	40												
파일: record.txt ID: 2 <input type="button" value="일기/기록"/>													

그림 7. 속성입력창(교량)

인도		교량		터널		지하도		육교		신호등		표지판	
사진	C:\W120944218L.bmp												
ID	6												
X좌표	-1.96												
Y좌표	58.07												
Z좌표	5.08												
Mileage	100												
행정구역	인천시 남구 학익2동												
신호등 유형	BAS등												
파일: record.txt ID: 6 <input type="button" value="일기/기록"/>													

그림 8. 속성입력창(신호등)

인도		교량		터널		지하도		육교		신호등		표지판	
사진	C:\W120944218L.bmp												
ID	7												
X좌표	11.25												
Y좌표	52.26												
Z좌표	8.09												
Mileage	100												
행정구역	인천시 남구 학익2동												
표지판 명칭	학익고등학교												
표지판 유형	이정표												
파일: record.txt ID: 7 <input type="button" value="일기/기록"/>													

그림 9. 속성입력창(표지판)

인도		교량		터널		지하도		육교		신호등		표지판	
사진	C:\W120944218L.bmp												
ID	5												
X좌표	5.42												
Y좌표	40.84												
Z좌표	6.87												
Mileage	100												
행정구역	인천시 남구 학익2동												
통과제한높이	3												
파일: record.txt ID: 5 <input type="button" value="일기/기록"/>													

그림 10. 속성입력창(육교)

인도		교량		터널		지하도		육교		신호등		표지판	
사진	C:\W120944218L.bmp												
ID	3												
X좌표	8.30												
Y좌표	48.81												
Z좌표	-0.40												
Mileage	100												
행정구역	인천시 남구 학익2동												
차선수	6												
명칭	학익터널												
폭	12												
길이	50												
통과제한높이	3												
파일: record.txt ID: 3 <input type="button" value="일기/기록"/>													

그림 11. 속성입력창(터널)

<input type="checkbox"/> 인도 <input type="checkbox"/> 교차 <input type="checkbox"/> 터널 <input type="checkbox"/> 지하도 <input type="checkbox"/> 복도 <input type="checkbox"/> 신호등 <input type="checkbox"/> 표지판	
사진	C:\W120944216L.bmp
ID	4
X좌표	2.03
Y좌표	12.66
Z좌표	0.01
Mileage	100
행정구역	인천시 남구 학익2동
차선수	4
명칭	인하지하도
폭	12
길이	50
통과제한높이	3
지하도구분	인도 앞길가
파일: record.bd	ID: 4
<input type="button" value="닫기/기록"/>	

그림 12. 속성입력창(지하도)

3. 수차사진측량 및 시설물 속성정보 입력모듈 통합

본 연구에서는 수차사진측량모듈 및 시설물속성정보입력모듈을 직접 연결하여 정보의 입력작업을 단순화시키고 최적화하는데 주력하였다. 그림 13은 수차사진측량 프로그램의 실행화면을 나타낸 것이고 그림 14는 메뉴에서 '도로시설물입력'을 선택하였을 때 실행되는 화면을 나타낸 것이다.

영상 디스플레이 창에는 촬영된 전체영상을 보여주기 위하여 축소하여 나타내도록 하였으며 확대창에는 영상 디스플레이 창에서 사용자가 선택한 영역을 확대하여 나타내도록 하였다. 또, 프로그램 실행화면의 왼쪽 위에 있는 영상좌표 입력창에는 두 개의 영상으로부터 x, y 좌표가 순차적으로 입력되며, 좌우영상에서 좌표가 모두 입력되면 수차사진측량을 이용하여 계산된 결과를 TM좌표 창에 나타낸다. 특히 pointing 된 지점과 대상영역을 자동으로 확대창에 display 하게 하여 사용자의 편의성을 도모하였으며, 좌표입력정확도를 높이고자 하였다.

프로그램의 왼쪽 디스플레이 창에서 측량 대상물을 클릭하게 되면 그 지점을 중심으로 하는 영역을 확대창에 나타내는 동시에 오른쪽 영상 디스플레이 창에도 동일한 영상좌표를 중심으로 영역이 자동으로 선택되고 오른쪽 영상의 확대창에도 그 부분이 확대되어 나타난다. 오른쪽 영상 확대창에서도 확대되어 나타난 영역에서 동일한 대상물의 위치를 클릭하여 좌표를 입력하면 된다. 이는 사용자로 하여금 중복 촬영된 영상에서 동일한 대상물의 쉽고 빠르게 찾을 수 있게 하여 수차사진측량의 정확도와 효율성을 높이는 효과가 있을 것이다. 또한, 일단 선택되어 입력된 영상좌표에는 십자선으로 표시하여 중복하여 입력되지 않도록 하였으며 확대창의 확대/축소 정도에 따라 영상 디스플레이 창에는 선택영역을 달리 표시하도록 하여 확대된 영역이 전체 영상에서 어떤 부분이며 어느 정도의 면적인지를 시각적으로 명확하게 표현되도록 하였다. 이는 사용자의 인지능력을 향상시켜 작업의 편의성을 도모하기 위함이다.

도로시설물 DB구축을 위한 차량측량시스템 S/W 개발



그림 13. 수차사진측량 S/W : 좌표입력 화면

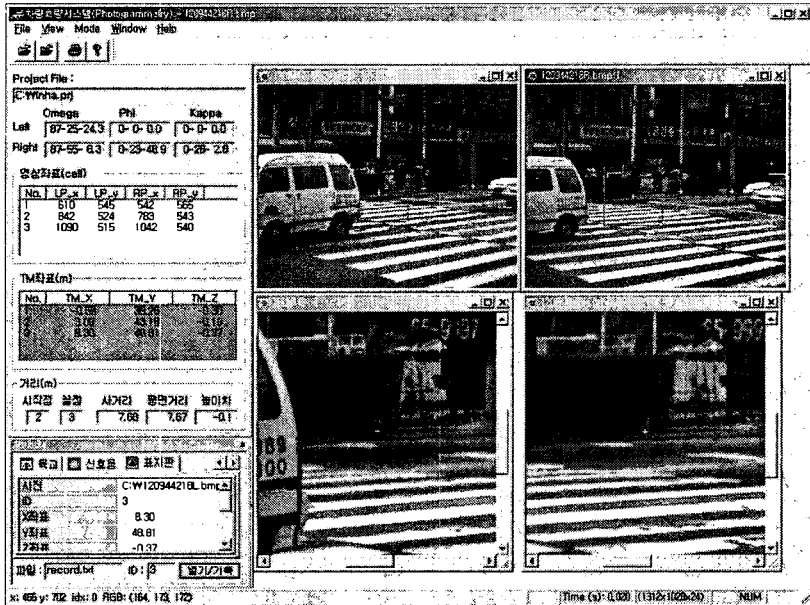


그림 14. 수차사진측량 S/W : 시설물 정보입력 화면

4. 결론

차량측량시스템은 도로를 주행하면서 주변의 사진을 연속적으로 촬영하기 때문에 도로나 도로시설물의 현황 파악에 유용한 정보를 제공한다. 특히 자료 취득에 소요되는 시간이 적고 자료의 정확도가 높기 때문에 도로시설물 DB구축을 위해서는 필수적인 시스템이라 할 수 있을 것이다. 따라서 본 논문에서는 차량측량시스템으로 취득한 사진에서 도로시설물 DB구축에 필요한 정보를 추출하는 S/W를 개발하였다.

사진취득모듈은 프로젝트정보를 기록하고 일정 시간간격으로 동시에 2개의 고해상도 칼라 이미지를 취득할 수 있으며, 상호표정모듈은 렌즈왜곡보정 자료를 참고하여 두 사진이 촬영 당시의 상호 위치관계를 재현하고, 수치사진측량 모듈에서는 대상물의 3차원 위치를 계산하여 시설물 속성정보 입력모듈에 자동으로 그 좌표를 넘겨준다. 대상물의 속성정보는 시설물 속성정보 입력 모듈에서 입력할 수 있도록 하였다.

현재의 차량측량시스템 S/W는 개발이 진행되고 있는 상태이므로 전체적인 정확도 검증이나 효율성을 정량적으로 제시하기에는 무리가 있다. 하지만, S/W의 처리단계가 다루는 자료에 따라 자동화, 모듈화 되어있고 인터페이스가 간단하기 때문에 수치사진측량학적인 전문지식이 없이도 운용이 가능하여 도로시설물의 정보추출에 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2000 산·학·연 연구개발사업의 하나인 “도로시설물 DB 작성을 위한 Digital Photologging 활용방안 연구”의 일부분입니다. 본 연구를 지원해주신 한국건설기술연구원에 감사 드립니다.

참고문헌

- 건설기술연구원, 수치사진측량기법과 GPS를 이용한 실시간 사진측량시스템 개발 연구보고서, 2000.
- 竹村裕夫, 디지털 CCD 카메라기술, 도서출판 미래컴, 1999.
- Imagenation, PXD1000-Digital Frame Grabber User's Guide Version 2, 1999.
- Paul R. Wolf and Bon A. Dewitt, Elements of Photogrammetry : with applications in GIS, Mc Graw Hill, 2000.